

# 電気機関車の主台車復心力が軌條横圧に及ぼす影響について

武 藏 倉 治

工 学 部 機 械 工 学 科

## 1. 緒 言

先台車復元力及び主台車復心力の強さが適当でないと曲線通過に於ける方向変換の横圧が先輪又は第1動輪にかたよりて、横圧の増大した車輪に於て脱線を誘発することになり、又は車輪偏耗を来すことになるから方向変換のために生ずる横圧を適当に各車輪に配分するように復元力及び復心力の強さを定めることについて研究する。

第1図は復元装置を有する先台車の骨骼図を示し、第2図は前台車並びにそれに対する先台車の関係位置を示し、第3図は曲線路通過に於ける前後台車及び先従台車の関係位置を示す。また第4図は車体に対する主台車の関係位置を示す。

	質 量	重 心	重心の周りの慣性モーメント
先(従)台 車	$m$	$G_m$	$I_m$
前(後)主 台 車	$M'$	$G_{M'}$	$I_{M'}$
車 体	$M$	$G$	$I$

車体台枠と前後台車との連結ピンの位置  $A$

前後台車と先(従)台車との連結ピンの位置  $B$

車体に対する主台車の蛇行廻転運動  $\varphi_{M'}$

主台車に対する先(従)台車の蛇行廻転運動  $\varphi_m$

$$\text{蛇行廻転運動} \left\{ \begin{array}{ll} \text{車 体} & \theta \\ \text{主 台 車} & \theta + \varphi_{M'} \\ \text{先(従)台 車} & \theta + \varphi_{M'} + \varphi_m \end{array} \right.$$

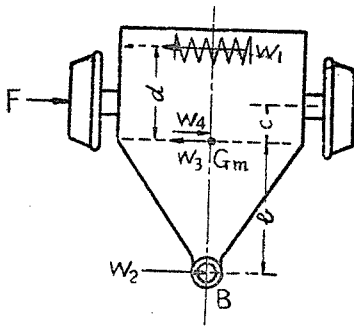
$$\text{重心の左右動} \left\{ \begin{array}{ll} \text{車 体} & x \\ \text{前台車} & x - (a_2 + a_3) \theta - a_3 \varphi_{M'} \\ \text{後台車} & x + (a_2 + a_3) \theta + a_3 \varphi_{M'} \\ \text{先台車} & x - (a_1 + a_2 + b) \theta - (a_1 + b) \varphi_{M'} - b \varphi_m \\ \text{従台車} & x + (a_1 + a_2 + b) \theta + (a_1 + b) \varphi_{M'} + b \varphi_m \end{array} \right.$$

但し廻転角のはかり方は Counter clockwise を正とし、左右動は右方を正とす。

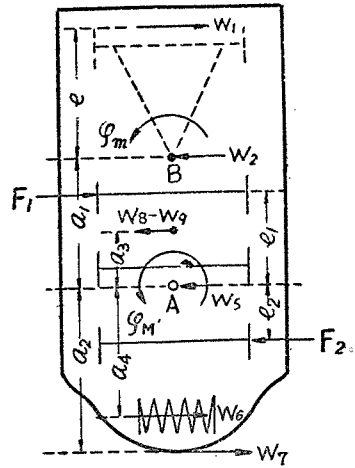
次の状態について考える。

- (1) 電気機関車 EF15形式について考える。
- (2) 機関車の構造は前後対称なるものとす。
- (3) 曲線通過に於て機関車長手軸方向と引張棒方向とのなす角は微小であるから引張棒引張力があつても車体廻転運動に対する影響は省略する。
- (4) 右曲り曲線路通過を考える。

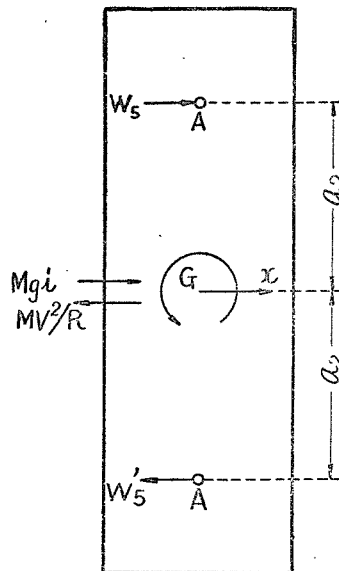
第 1 圖



第 2 圖



第 4 圖



車体重心の左右動及び蛇行廻転運動 (Yawing) を考えるに主台車の車輪は軌条の蛇行曲りにそつて走行するから

軌条蛇行曲りの振巾  $= x_0$

軌条蛇行曲りの波長  $= S$  走行速度  $= V$

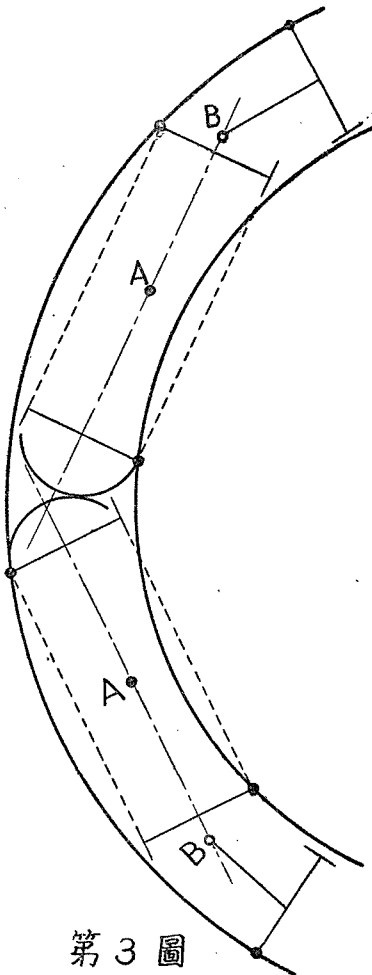
左右動周期  $= T = S/v$  円振動数  $= \lambda = 2\pi/T$

によりて

$$\text{車体重心左右動 } x = x_0 \cos (2\pi/T) t = x_0 \cos \lambda t \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

$$\text{車体 yawing } \theta = \frac{dx}{Vdt} = -x_0 \frac{2\pi}{VT} \sin \frac{2\pi}{T} t = -\frac{2\pi}{S} x_0 \sin \lambda t \quad \dots\dots (1.2)$$

第 3 圖



にて表される。而して軌條蛇行曲りの振巾  $x_0$  は 5~10mm にて、蛇行曲りの波長  $S$  は 10~15m である。

電気機関車 EF15 について曲線路通過に於ける走行試験の測定値によりて車体と主台車とのなす角及び主台車と先(従)台車とのなす角は曲線半径によりて一定しているから

$$\left. \begin{array}{l} \varphi_{M'} = \text{const} \\ \varphi_m = \text{const} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (1.3)$$

とする。またカントによる重力の分力と遠心力とは釣合つてゐるように設定されているものとして

$$\left. \begin{array}{l} W_3 = mV^2/R = mgi = W_4 \\ W_5 = M'V^2/R = M'gi = W_6 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (1.4)$$

とする。但し、 $R$  = 曲線半径、 $i$  = カントによる勾配

## 2. 先(従)台車が軌條に及ぼす横圧

先台車が受ける力(第1図)を考えるに第3図に示すように右曲り曲線路を通る状態をとりて考え、先台車が前台車の右側に偏倚し、先輪が左方にある外側軌條に接する状態を考えると先台車に及ぼす復元力  $W_1$  は左向きとなり、その作用線方向が重心  $G_m$  となす距離を  $d$  とす。連結ピン  $B$  に於て前台車より受ける力を  $W_2$  とし、右方に向うとせよ。曲線路半径を  $R$ 、通過速度を  $V$ 、カントによる勾配を  $i$  とし、先台車重心に作用する遠心力  $W_3 = mV^2/R$  にて左方に向い、カントによりて生ずる重力の分力  $W_4 = mgi$  にて右方に向う。なお先輪が左側軌條から受ける横圧  $F$  ありて右方に向う。

先台車について左右方向の力の釣合を考えて

$$-m(\ddot{x} - a_2 + a_1 + b\ddot{\theta} - a_1 + b\ddot{\varphi}_{M'} - b\ddot{\varphi}_m) - W_1 + W_2 - W_3 + W_4 + F = 0 \dots\dots\dots (2.1)$$

重心( $G_m$ )の周りの力のモーメントの釣合を考えて

$$-I_m(\ddot{\theta} + \ddot{\varphi}_{M'} + \varphi_m) + W_1d + W_2b - Fc = 0 \dots\dots\dots (2.2)$$

この両式に(1.1)・(1.2)・(1.3)・(1.4)を代入し、且簡単のために

$$\left. \begin{array}{lll} A_1 = \frac{b+d}{b+c} & B_1 = \frac{mb}{b+c} & B_2 = \frac{I_m + m(a_1 + a_2 + b)b}{b+c} \frac{2\pi}{S} \\ A_2 = \frac{c-d}{b+c} & C_1 = \frac{mc}{b+c} & C_2 = \frac{I_m - m(a_1 + a_2 + b)c}{b+c} \frac{2\pi}{S} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\alpha = \tan^{-1}(B_2/B_1) \quad \beta = \tan^{-1}(C_2/C_1) \dots\dots\dots (2.4)$$

とおくと

$$\text{先輪が受ける横圧 } F = A_1W_1 - x_0\lambda^2\sqrt{B_1^2 + B_2^2} \cos(\lambda t - \alpha) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\text{先台車連結ピンに於て受ける横圧 } W_2 = A_2W_1 - x_0\lambda^2\sqrt{C_1^2 + C_2^2} \cos(\lambda t + \beta) \dots\dots\dots (2.6)$$

従台車について先台車と同様な取扱いをすることによりて

$$\text{従輪が受ける横圧 } F' = A_1W_1 - x_0\lambda^2\sqrt{B_1^2 + B_2^2} \cos(\lambda t + \alpha) \dots\dots\dots (2.5)'$$

$$\text{従台車連結ピンに於て受ける横圧 } W'_2 = A_2W_1 - x_0\lambda^2\sqrt{C_1^2 + C_2^2} \cos(\lambda t - \beta) \dots\dots\dots (2.6)'$$

## 3. 主台車の車軸が軌條から受ける横圧の大きさ

前台車が受ける力(第2図)を考えるに第3図に示すように右曲り曲線路を通る状態をとりて考え、前台車の方向が車体方向に対して左側に偏倚して第1動輪が左方にある外側軌條に接し、第3動輪が右方にある内側軌條に接する状態を考える。

- $F_1$ =第1動軸が軌条から受ける力(右方)  
 $F_2$ =第3動軸が軌条から受ける力(左方)  
 $W_1$ =復元力によりて受ける力(右方)  
 $W_2$ =連結ピンに於て先台車から受ける力(左方)  
 $W_5$ =連結ピンに於て車体から受ける力(左方)  
 $W_6$ =復心力によりて受ける力(右方)  
 $W_7$ =関節面摩擦力によりて受ける力(右方)  
 $W_8$ =遠心力(左方)  
 $W_9$ =カント勾配による重力の分力(右方)

前台車について左右方向の力の釣合を考へて

$$-M'(\ddot{x} - a_3\ddot{\phi}_{M'} - \overline{a_2+a_3}\ddot{\theta}) + F_1 - F_2 + W_1 - W_2 - W_5 + W_6 + W_7 - W_8 + W_9 = 0 \dots (3.1)$$

重心( $G_{M'}$ )の周りの力のモーメントの釣合を考へて

$$\begin{aligned}
 -I_{M'}(\ddot{\theta} + \ddot{\phi}_{M'}) - F_1(e_1 - a_3) - F_2(e_2 + a_3) - W_1(a_1 - a_3 + e) + W_3(a_1 - a_3) - W_5a_3 \\
 + W_6(a_3 + a_4) + W_7(a_3 + a_3) = 0 \dots (3.2)
 \end{aligned}$$

従つて

$$\begin{aligned}
 F_1(e_1 + e_2) = -W_1(a_1 + e + e_2) + W_2(a_1 + e_2) + W_5e_2 - W_6(e_2 - a_4) - W_7(-a_2 + e_2) \\
 + (W_8 - W_9)(e_2 + a_3) + \ddot{x}M'(e_2 + a_3) - \ddot{\theta}(M'\overline{a_2+a_3} \overline{e_2+a_3} + I_{M'}) \\
 - \ddot{\phi}_{M'}(M'a_3 \overline{e_2+a_3} + I_{M'}) \dots (3.3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_2(e_1 + e_2) = -W_1(a_1 + e - e_1) + W_2(a_1 - e_1) - W_5e_1 + W_6(a_4 + e_1) + W_7(a_2 + e_1) \\
 - (W_8 - W_9)(e_1 - a_3) - \ddot{x}M'(e_1 - a_3) + \ddot{\theta}(M'\overline{a_2+a_3} \overline{e_1-a_3} - I_{M'}) + \ddot{\phi}_{M'}(M'a_3 \overline{e_1-a_3} - I_{M'}) \dots (3.4)
 \end{aligned}$$

上式に於ける  $W_5$  すなわち前台車が連結ピンに於て車体から受ける横圧の大きさは次の如くして求められる。

車体を受ける力を考えるに曲線通過による遠心力  $MV^2/R$  とカント勾配による重力の分力  $Mgi$  とが釣合つているものと仮定する。車体が前後台車から受ける横圧を夫々  $W_5, W_5'$  とし,  $W_5$  は右方をむき,  $W_5'$  は左方にむく。

車体について左右方向の力の釣合を考へて

$$W_5 - W_5' - M\ddot{x} = 0 \dots (3.5)$$

重心( $G$ )の周りの力のモーメントの釣合を考へて

$$-W_5a_2 - W_5'a_2 - I\ddot{\theta} = 0 \dots (3.6)$$

この兩式に (1.1) (1.2) を代入し且簡単のために

$$D_1 = M, D_2 = 2\pi I/a_2s, \gamma = \tan^{-1}(D_2/D_1) \dots (3.7)$$

とおくと

$$2W_5 = -x_0\lambda^2\sqrt{D_1^2 + D_2^2} \cos(\lambda t - \gamma) \dots (3.8)$$

$$2W_5' = -x_0\lambda^2\sqrt{D_1^2 + D_2^2} \cos(\lambda t + \gamma) \dots (3.9)$$

となりて  $W_5, W_5'$  が求められる。

前に求めた (3.3) 式に (3.8) (2.6) (1.4) (1.3) (1.2) (1.1) を代入し, 更らに簡単のために

$$E_1 = M'(e_2 + a_3), E_2 = (2\pi/S)(I_{M'} + M'\overline{a_2+a_3} \overline{e_2+a_3}), \delta = \tan^{-1}(E_2/E_1) \dots (3.10)$$

$$\sqrt{C_1^2+C_2^2} (e_2+a_1) \cos (\lambda t+\beta)+\sqrt{D_1^2+D_2^2} (e_2/2) \cos (\lambda t-\gamma)+\sqrt{E_1^2+E_2^2} \cos (\lambda t-\delta)=H_1 \cos (\lambda t-\Phi_1) \cdots \cdots (3.11)$$

とすると  $F_1$  は次の如くなる。

$$F_1 (e_1+e_2)=W_6 (a_1-e_2)-W_7 (e_2-a_2)-W_1 \{a_1+e+e_2+A_2 (a_1+e_2)\} \\ -x_0 \lambda^2 H_1 \cos (\lambda t-\Phi_1) \cdots \cdots (3.12)$$

次に  $F_1$  について取扱つたのと同様に  $F_2$  につきて取扱い (3.4) 式に (3.8) (2.6) (1.4) (1.3) (1.2) (1.1) を代入し、更らに簡単のために

$$G_1=M' (e_1-a_3), G_2=(2\pi/S) (-I_{M'}+M' \overline{a_2+a_3} \overline{e_1-a_3}), \varepsilon=\tan^{-1} (G_2/G_1) \cdots (3.13)$$

$$-\sqrt{C_1^2+C_2^2} (a_1-e_1) \cos (\lambda t+\beta)+\sqrt{D_1^2+D_2^2} (e_1/2) \cos (\lambda t+\gamma)+\sqrt{E_1^2+E_2^2} \cos (\lambda t-\varepsilon)=H_2 \cos (\lambda t-\Phi_2) \cdots \cdots (3.14)$$

とすると  $F_2$  は次の如くなる。

$$F_2 (e_1+e_2)=W_6 (a_1+e_1)+W_7 (a_2+e_1)-W_1 \{a_1+e-e_1-A_2 (a_1-e_1)\} +x_0 \lambda^2 H_2 \cos (\lambda t-\Phi_2) \cdots \cdots (3.15)$$

後台車の車軸が軌條から受ける横圧の大きさを求める。後台車が受ける力を考えるに第3図に示すように右曲り曲線路を通る状態をとりて考え、後台車の方向が車体に対して左側に偏倚し第4動輪が左方にある外側軌條に接し、第6動輪が右方にある内側軌條に接する状態をとりて考える。

$F'_1$ =第6動輪が軌條から受ける力(左方)

$F'_2$ =第4動輪が軌條から受ける力(右方)

$W_1$ =復元力によりて受ける力(右方)

$W'_2$ =連結ピンに於て従台車から受ける力(左方)

$W'_5$ =連結ピンに於て車体から受ける力(左方)

$W'_6$ =復心力によりて受ける力(右方)

$W_7$ =関節面摩擦力によりて受ける力(右方)

$W_8$ =遠心力(左方)

$W_9$ =カント勾配による重力の分力(右方)

後台車について左右方向の力の釣合を考へて

$$-M'(\ddot{x}+a_3\ddot{\varphi}_{M'}+\overline{a_2+a_3}\ddot{\theta})+W_1-W'_2+W'_5+W'_6+W_7-W_8+W_9-F'_1+F'_2=0 \cdots \cdots (3.1)'$$

重心 ( $G_{M'}$ ) の周りの力のモーメントの釣合を考へて

$$-I_{M'} (\ddot{\theta}+\ddot{\varphi}_{M'})-F'_1 (e_1-a_3)-F'_2 (e_2+a_3)+W_1 (a_1-a_3+e)-W'_2 (a_1-a_3)-W'_5 a_3 \\ -W'_6 (a_3+a_4)-W_7 (a_3+a_2)=0 \cdots \cdots (3.2)'$$

従つて

$$F'_1 (e_1+e_2)=W_1 (a_1+e+e_2)-W'_2 (a_1+e_2)+W'_5 e_2+W'_6 (e_2-a_4)+W_7 (e_2-a_2)-(W_8 \\ -W_9) (e_2+a_3)-\ddot{x}M' (e_2+a_3)-\ddot{\theta} (M' \overline{a_2+a_3} \overline{e_2+a_3}+I_{M'})-\ddot{\varphi}_{M'} (M' a_3 \overline{e_2+a_3} \\ +I_{M'}) \cdots \cdots (3.3)'$$

$$F'_2 (e_1+e_2)=W_1 (a_1-e_1+e)-W'_2 (a_1-e_1)-W'_5 e_1-W'_6 (a_4+e_1)-W_7 (a_2+e_1) \\ +(W_8-W_9) (e_1-a_3)+\ddot{x}M' (e_1-a_3)-\ddot{\theta} (I_{M'}-M' \overline{a_2+a_3} \overline{e_1-a_3})-\ddot{\varphi}_{M'} (I_{M'}+a_3 \\ \overline{e_1-a_3} M') \cdots \cdots (3.4)'$$

(3.3)' 式に (3.9) (2.6)' (1.4) (1.3) (1.2) (1.1) を代入し、更らに簡単のために

$$E_1' = M' (e_2 + a_3), E_2' = (2\pi/S) (I_{M'} + M' \overline{a_2 + a_3} \overline{e^2 + a_3}), \delta' = \tan^{-1} (E_2'/E_1') \dots (3.10)'$$

$$\sqrt{B_1^2 + B_2^2} (e_2 + a_1) \cos (\lambda t - \beta) - \sqrt{D_1^2 + D_2^2} (e_2/2) \cos (\lambda t + \gamma) + \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \cos (\lambda t + \delta') = H_1' \cos (\lambda t - \Phi_1') \dots (3.11)'$$

とすると  $F_1'$  は次の如くなる。

$$F_1' (e_1 + e_2) = W_6' (e_2 - a_4) + W_7 (e_2 - a_2) + W_1 \{a_1 + e + e_2 - A_2 (a_1 + e_2)\} + x_0 \lambda^2 H_1' \cos (\lambda t - \Phi_1') \dots (3.12)'$$

次に  $F_1'$  について取扱つたのと同様に  $F_2'$  につきて取扱い (3.4)' 式に (3.9) (2.6)' (1.4) (1.3) (1.2) (1.1) を代入し、更らに簡単のために

$$G_1' = M' (e_1 - a_1), G_2' = (2\pi/s) (I_{M'} - M' \overline{a_2 + a_1} \overline{e_1 - a_1}), \varepsilon' = \tan^{-1} (G_2'/G_1') \dots (3.13)'$$

$$-\sqrt{B_1^2 + B_2^2} (e_1 - a_1) \cos (\lambda t - \beta) + \sqrt{D_1^2 + D_2^2} (e_1/2) \cos (\lambda t + \gamma) + \sqrt{G_1^2 + G_2^2} \cos (\lambda t - \varepsilon') = H_2' \cos (\lambda t - \Phi_2') \dots (3.14)'$$

とすると  $F_2'$  は次の如くなる。

$$F_2' (e_1 + e_2) = W_1 \{a_1 + e - e_1 - A_2 (a_1 - e_1)\} - W_6' (a_4 + e_1) - W_7 (a_2 + e_1) + x_0 \lambda^2 H_2' \cos (\lambda t - \Phi_2') \dots (3.15)'$$

#### 4. EF15 形式機関車についての実測値

EF15 形式機関車に於ては

$$c = d \quad \therefore \quad A_1 = 1, A_2 = 0$$

なるを以て、これらの値を前述諸計算によりて得たる (2.5) (3.12) (3.15) (2.5)' (3.12)' (3.15)' に代入すると

$$\left. \begin{aligned} F &= W_1 - x_0 \lambda^2 \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \cos (\lambda t - \alpha) \\ F_1 &= W_6 \frac{a_1 - e_2}{e_1 + e_2} + W_7 \frac{a_2 - e_2}{e_1 + e_2} - W_1 \frac{a_1 + e + e_2}{e_1 + e_2} - \frac{x_0 \lambda^2 H_1}{e_1 + e_2} \cos (\lambda t - \Phi_1) \\ F_2 &= W_6 \frac{a_4 + e_1}{e_1 + e_2} + W_7 \frac{a_2 + e_1}{e_1 + e_2} - W_1 \frac{a_1 + e - e_1}{e_1 + e_2} + \frac{x_0 \lambda^2 H_2}{e_1 + e_2} \cos (\lambda t - \Phi_2) \\ F' &= W_1 - x_0 \lambda^2 \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \cos (\lambda t + \alpha) \\ F_1' &= -W_6' \frac{a_1 - e_2}{e_1 + e_2} - W_7 \frac{a_2 - e_2}{e_1 + e_2} + W_1 \frac{a_1 + e + e_2}{e_1 + e_2} + \frac{x_0 \lambda^2 H_1'}{e_1 + e_2} \cos (\lambda t - \Phi_1') \\ F_2' &= -W_6' \frac{a_1 + e_1}{e_1 + e_2} - W_7 \frac{a_2 + e_1}{e_1 + e_2} + W_1 \frac{a_1 + e - e_1}{e_1 + e_2} + \frac{x_0 \lambda^2 H_2'}{e_1 + e_2} \cos (\lambda t - \Phi_2') \end{aligned} \right\} \dots (4.1)$$

この式に於て振動に関する動荷重を除外して静荷重について考え、EF15 形式機関車に於て

$$\begin{aligned} a_1 &= 1550 \text{mm} & a_2 &= 4500 \text{mm} & a_4 &= 4500 \text{mm} \\ e_1 &= 850 \text{mm} & e_2 &= 3370 \text{mm} & e &= 1200 \text{mm} \end{aligned}$$

であるから

$$\left. \begin{aligned} F &= W_1 \\ F_1 &= 0.268 (W_6 + W_7) - 1.450 W_1 \\ F_2 &= 1.280 (W_6 + W_7) - 0.450 W_1 \\ F' &= W_1 \\ F_1' &= -0.268 (W_6' + W_7) + 1.450 W_1 \\ F_2' &= -1.280 (W_6' + W_7) + 0.450 W_1 \end{aligned} \right\} \dots (4.2)$$

復心ばねは下記剛さの二重巻ばねが3組直列にならび

	内 ば ね	外 ば ね	二 重 ば ね
ばね剛さ (kg/cm)	125	273	398

にて、これを用いた4種にかえて現車に取付け試験した。

試験種別	一	二	三	四
復心ばね取付状態	内ばね3個	(内ばね)+(二重ばね)+(内ばね)	外ばね3個	二重ばね3個
初圧 (kg)	250	370	820	1070
剛さ (kg/cm)	42	54	91	133

而して現車試験に於ける測定値を見るに

	復 心 ば ね 撓 み (cm)			
試験種別	一	二	三	四
前 台 車	2.10	2.47	1.17	2.11
後 台 車	3.35	4.13	1.71	2.65

なお関節にある中間緩衝ばねは取付荷重約 10t ありて摩擦係数を 0.1 とし

$$\text{関節面摩擦力 } W_7 = 10t \times 0.1 = 1000kg$$

先台車は L.T129 コロ式、勾配 10/30 先輪軸ばね上 6.22t ありて

$$\text{先台車復元力 } W_1 = 6.22t \times 10/30 = 2073kg$$

これらの数値を (4.2) 式に入れると

		軌 条 横 圧 (kg)			
試験種別		一	二	三	四
先 輪 軸	F	2070	2070	2070	2070
第 1 動 軸	F <sub>1</sub>	(-) 2650	(-) 2610	(-) 2500	(-) 2380
第 3 動 軸	F <sub>2</sub>	780	990	1540	2080
第 4 動 軸	F <sub>2</sub> '	(-) 846	(-) 1100	(-) 1600	(-) 2170
第 6 動 軸	F <sub>1</sub> '	2640	2580	2480	2360
従 輪 軸	F'	2070	2070	2070	2070

となりて次のことが結論される。

(1) 現車試験に於ける実測値より計算した結果によるに主台車復心ばねの初圧大にて剛さ大なる方が軌条に及ぼす横圧が平均し、最大横圧が小になる。

(2) 実測値より計算した結果によるに F<sub>1</sub> と F<sub>2</sub>' とは負の値をとるから曲線を通過する時は先台車は外側、前台車は内側、後台車は外側、従台車は内側軌条にそうて進むことを知る。

(3) なお (4.2) 式によると前台車又は後台車の軌条横圧の和は夫々 W<sub>1</sub>+W<sub>6</sub>+W<sub>7</sub>, W<sub>1</sub>+W<sub>6</sub>' +W<sub>7</sub> となりて先台車復元力、主台車復心力、中間緩衝ばねが剛くなると大になること

を示している。

5. 軌條横圧に対して、振動によりて生ずる動荷重

$$(4.1) \text{ により } \left\{ \begin{array}{ll} \text{先 輪 軸} & \pm x_0 \lambda^2 \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \\ \text{第 1 動 軸} & \pm x_0 \lambda^2 (H_1 / e_1 + e_2) \\ \text{第 3 動 軸} & \pm x_0 \lambda^2 (H_2 / e_1 + e_2) \\ \text{第 4 動 軸} & \pm x_0 \lambda^2 (H_2' / e_1 + e_2) \\ \text{第 6 動 軸} & \pm x_0 \lambda^2 (H_1' / e_1 + e_2) \\ \text{従 輪 軸} & \pm x_0 \lambda^2 \sqrt{B_1^2 + B_2^2} \end{array} \right.$$

但し,  $x_0 \lambda^2 =$  車体左右動加速度

$$(2.3) \quad \left\{ \begin{array}{ll} B_1 \equiv \frac{mb}{b+c} & B_2 \equiv \frac{I_m + m(a_1 + a_2 + b)b}{b+c} \frac{2\pi}{S} \\ C_1 \equiv \frac{mc}{b+c} & C_2 \equiv \frac{I_m - m(a_1 + a_2 + b)c}{b+c} \frac{2\pi}{S} \end{array} \right.$$

$$(2.4) \quad \beta \equiv \tan^{-1} (c_2 / c_1)$$

$$(3.7) \quad D_1 \equiv M \quad D_2 \equiv 2\pi I / a_2 S \quad \gamma \equiv \tan^{-1} (D_2 / D_1)$$

$$(3.13) \quad G_1 \equiv M' (e_1 - a_3) \quad G_2 \equiv (2\pi / S) (-I_{M'} + M' a_2 + a_3 e_2 - a_3) \quad \varepsilon \equiv \tan^{-1} (G_2 / G_1)$$

$$(3.10) \quad (3.10)' \quad E_1' = E_1, \quad E_2' = E_2, \quad \delta' = \delta$$

$$(3.11) \quad H_1^2 = \{ \sqrt{C_1^2 + C_2^2} (a_1 + e_2) \cos \beta + \sqrt{D_1^2 + D_2^2} (e_2 / 2) \cos \gamma + \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \cos \delta \}^2 \\ + \{ -\sqrt{C_1^2 + C_2^2} (a_1 + e_2) \sin \beta + \sqrt{D_1^2 + D_2^2} (e_2 / 2) \sin \gamma + \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \sin \delta \}^2$$

$$(3.14) \quad H_2^2 = \{ -\sqrt{C_1^2 + C_2^2} (a_1 - e_1) \cos \beta + \sqrt{D_1^2 + D_2^2} (e_1 / 2) \cos \gamma + \sqrt{G_1^2 + G_2^2} \cos \varepsilon \}^2 \\ + \{ \sqrt{C_1^2 + C_2^2} (a_1 - e_1) \sin \beta - \sqrt{D_1^2 + D_2^2} (e_1 / 2) \sin \gamma + \sqrt{G_1^2 + G_2^2} \sin \varepsilon \}^2$$

$$(3.11)' \quad H_1'^2 = \{ \sqrt{B_1^2 + B_2^2} (a_1 + e_2) \cos \beta - \sqrt{D_1^2 + D_2^2} (e_2 / 2) \cos \gamma + \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \cos \delta \}^2 \\ + \{ \sqrt{B_1^2 + B_2^2} (a_1 + e_2) \sin \beta + \sqrt{D_1^2 + D_2^2} (e_2 / 2) \sin \gamma - \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \sin \delta \}^2$$

$$(3.14)' \quad H_2'^2 = \{ -\sqrt{B_1^2 + B_2^2} (a_1 - e_1) \cos \beta + \sqrt{D_1^2 + D_2^2} (e_1 / 2) \cos \gamma + \sqrt{G_1^2 + G_2^2} \cos \varepsilon \}^2 \\ + \{ \sqrt{B_1^2 + B_2^2} (a_1 - e_1) \sin \beta - \sqrt{D_1^2 + D_2^2} (e_1 / 2) \sin \gamma + \sqrt{G_1^2 + G_2^2} \sin \varepsilon \}^2$$

EF15 形式機関車の基礎数値 (単位 kg, cm, s)

$$\text{軸重合計} = (7.6 + 14.1 \times 3) \times 2 = 99.8 \text{ (t)}$$

$$\text{先従台車重量} = 1.230 \text{ (t)} \times 2$$

$$\text{車体重量} = 35.95 \text{ (t)}$$

$$\text{主台車重量} = 99.8 - 1.230 \times 2 - 35.95 = 61.39 = 30.7 \text{ (t)} \times 2$$

$$g = 980 \text{ mg} = 1230 \text{ m} = 1.255 \text{ M}'g = 30,700 \text{ M}' = 31.4$$

$$Mg = 35.950 \text{ M} = 36.7$$

$$I_m = 8.45 \times 10^3 \quad I_{M'} = 1.582 \times 10^6 \quad I_M = I = 6.24 \times 10^6$$

車体左右動加速度 ( $x_0 \lambda^2$ ) の計算 実測結果によりて軌条蛇行曲り波長  $S = 1300 \text{ cm}$  とし, 走行速度  $60 \text{ km/h}$  に於て左右動周期  $T = 0.8 \text{ s}$  とする。なお軌条蛇行曲り振幅  $x_0 = 0.5 \text{ cm}$  とすると



$$x_0 \lambda^2 = x_0 \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 = 0.5 \times \left( \frac{6.28}{0.8} \right)^2 = 30.85$$

$$a_1 = 155 \quad a_2 = 450 \quad a_3 = -85 \quad a^4 = 450$$

$$b = 120 \quad c = 0$$

$$e = 120 \quad e_1 = 85 \quad e_2 = 337$$

$$B_1 = 1.25 \quad B_2 = 4.74 \quad C_1 = 0 \quad C_2 = 0.341 \quad \beta = 90^\circ$$

$$D_1 = 36.7 \quad D_2 = 67.0 \quad \gamma = 10^\circ 20'$$

$$E_1 = 7.94 \times 10^3 \quad E_2 = 2.14 \times 10^4 \quad \delta = 69^\circ 40'$$

$$G_1 = 5.34 \times 10^3 \quad G_2 = 1.64 \times 10^3 \quad \varepsilon = 17^\circ 5'$$

$$E_1' = 7.94 \times 10^3 \quad E_2' = 2.14 \times 10^4 \quad \delta' = 69^\circ 40'$$

$$H_1 = 2.42 \times 10^4 \quad H_2 = 8.67 \times 10^3 \quad H_1' = 2.21 \times 10^4 \quad H_2' = 6.68 \times 10^3$$

動荷重 (kg)	{	先輪軸	$\pm x_0 \lambda^2 \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \pm 152$
		軸1動輪	$\pm x_0 \lambda^2 (H_1 / (e_1 + e_2)) = \pm 1770$
		第3動輪	$\pm x_0 \lambda^2 (H_2 / (e_1 + e_2)) = \pm 634$
		第4動輪	$\pm x_0 \lambda^2 (H_2' / (e_1 + e_2)) = \pm 488$
		第6動輪	$\pm x_0 \lambda^2 (H_1' / (e_1 + e_2)) = \pm 1615$
		従輪軸	$\pm x_0 \lambda^2 \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \pm 152$

## 6. 結 論

現在構造の電気機関車 (EF15) にては主台車復心力が大なる方が各車軸の軌条横圧が平均に分布されて良好であることが知られる。

## ON THE EFFECTS OF MAIN TRUCK RESTORING FORCES OF AN ELECTRIC LOCOMOTIVE ON RAIL SIDE-THRUST

Kurazi MUSASHI

### Rèsumè

Considering the equilibrium of forces due to the direction change of an electric locomotive (two trucks articulated together) when it runs on curved track, the author analyzed side thrust given to the rail by the leading and main trucks, dividing it into statical load and dynamical load caused by vibration, and concluded, by calculation using the data obtained by experiments on EF15 type electric locomotives, that when main truck restoring force is large; electric locomotives now in operation show good running stability as rail side thrust is distributed uniformly on each driving axis.